

5

10 Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine

Stand der Technik

15 Die Erfindung geht von einem Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine nach der Gattung des Hauptanspruchs aus.

Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit einem kraftstoffgetriebenen Verbrennungsmotor sind bereits bekannt. Dabei wird Kraftstoff unter Druck dem Verbrennungsmotor über eine Kraftstoffzufuhr zugeführt. Der Druck in der Kraftstoffzufuhr wird dabei auf einen
20 Sollwert geregelt.

Vorteile der Erfindung

25 Das erfindungsgemäße Verfahren mit den Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, dass eine Druckabbaugeschwindigkeit in der Kraftstoffzufuhr ermittelt wird und dass in Abhängigkeit eines Vergleichs der Druckabbaugeschwindigkeit mit einem vorgegebenen Schwellwert auf einen Fehler geschlossen wird. Auf diese Weise lassen sich alle Undichtigkeiten in einem Hochdruckkreis der Kraftstoffzufuhr erkennen und von anderen Fehlern in der Kraftstoffversorgung unterscheiden.

30 Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Hauptanspruch angegebenen Verfahrens möglich.

Besonders vorteilhaft ist es, dass für den Fall, in dem ein Istwert für den Druck den Sollwert

während einer vorgegebenen Zeit nicht erreicht, ein Fehler erkannt und die Druckabbaugeschwindigkeit in der Kraftstoffzufuhr ermittelt wird und dass in Abhängigkeit eines Vergleichs der Druckabbaugeschwindigkeit mit dem vorgegebenen Schwellwert die Art des Fehlers ermittelt wird. Auf diese Weise lassen sich verschiedene Fehlerursachen für die Regelabweichung
5 zwischen dem Istwert für den Druck und dem Sollwert unterscheiden. Diese Unterscheidung ist außerdem während des Betriebes der Brennkraftmaschine möglich. Durch die Unterscheidung der Fehlerursachen lässt sich beispielsweise eine Diagnose in einer Werkstatt vereinfachen.

Besonders vorteilhaft ist es, das in Abhängigkeit der Art des Fehlers eine Notlaufmaßnahme
10 eingeleitet wird. Auf diese Weise lässt sich eine erhöhte Verfügbarkeit der Brennkraftmaschine erreichen, da je nach Art des Fehlers die Brennkraftmaschine weiterbetrieben werden kann.

Ein weiterer Vorteil ergibt sich, wenn bei betragsmäßigem Überschreiten des vorgegebenen Schwellwertes durch die Druckabbaugeschwindigkeit ein Leck in der Kraftstoffzufuhr erkannt
15 wird. Auf diese Weise lässt sich ein Leck in der Kraftstoffzufuhr besonders einfach und sicher erkennen.

Ein weiterer Vorteil ergibt sich, wenn bei erkanntem Leck in der Kraftstoffzufuhr die Brennkraftmaschine abgestellt wird. Auf diese Weise wird ein sicherer Betrieb der Brennkraftmaschine gewährleistet. Dies ist vor allem dann von Bedeutung, wenn die Brennkraftmaschine ein
20 Fahrzeug antreibt. In diesem Fall wird die Fahrsicherheit erhöht.

Ein weiterer Vorteil ergibt sich, wenn bei erkanntem Leck in der Kraftstoffzufuhr ein erneuter Start der Brennkraftmaschine verriegelt wird. Auf diese Weise wird verhindert, dass die Brennkraftmaschine in Betrieb genommen wird, bevor der Fehler behoben wurde. Auf diese Weise
25 wird die Sicherheit beim Betrieb der Brennkraftmaschine ebenfalls gewährleistet.

Besonders vorteilhaft ist weiterhin, wenn bei betragsmäßigem Unterschreiten des vorgegebenen Schwellwertes durch die Druckabbaugeschwindigkeit ein Fehler in der Kraftstoffversorgung erkannt wird. Auf diese Weise wird ein Fehler detektiert, der ein Abschalten der Brennkraftmaschine nicht erfordert, sondern einen Weiterbetrieb ermöglicht. Die Verfügbarkeit der Brennkraftmaschine wird auf diese Weise erhöht.
30

Ein weiterer Vorteil ergibt sich, wenn bei erkanntem Fehler in der Kraftstoffversorgung eine

Begrenzung der zugeführten Kraftstoffmenge aktiviert wird. Auf diese Weise lässt sich ein Notlaufbetrieb der Brennkraftmaschine mit verminderter Leistung realisieren.

Vorteilhaft ist weiterhin, wenn die Brennkraftmaschine bei erkanntem Fehler unabhängig von der Art des Fehlers auch dann abgestellt wird, wenn die Brennkraftmaschine im Leerlauf oder bei kleiner Last unterhalb einer vorgegebenen Lastschwelle betrieben wird. Auf diese Weise wird der Tatsache Rechnung getragen, dass bei Leerlauf oder bei kleiner Last ein weiterer Betrieb der Brennkraftmaschine nicht mehr sinnvoll möglich ist, wenn der Istwert für den Druck in der Kraftstoffzufuhr den Sollwert nicht mehr erreicht.

Ein weiterer Vorteil ergibt sich, wenn für die Ermittlung der Druckabbaugeschwindigkeit ein Hochdruckkreis von einem Niederdruckkreis der Kraftstoffzufuhr getrennt wird und die Druckabbaugeschwindigkeit im Hochdruckkreis ermittelt wird. Auf diese Weise lässt sich die Druckabbaugeschwindigkeit besonders einfach ermitteln.

Ein weiterer Vorteil ergibt sich, wenn bei erkanntem Fehler eine Warnmeldung signalisiert wird. Auf diese Weise wird der Betreiber der Brennkraftmaschine, im Falle eines Fahrzeugs der Fahrer des Fahrzeugs, über das Vorliegen eines Fehlers informiert.

Zeichnung

Eine Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen Figur 1 ein Blockschaltbild einer Brennkraftmaschine mit einer Kraftstoffzufuhr zu einem Verbrennungsmotor und Figur 2 einen Ablaufplan für einen beispielhaften Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

In Figur 1 kennzeichnet 1 eine Brennkraftmaschine, die beispielsweise ein Fahrzeug antreibt. Die Brennkraftmaschine 1 umfasst einen kraftstoffgetriebenen Verbrennungsmotor 5, der beispielsweise als Ottomotor oder als Dieselmotor ausgebildet sein kann. Die Brennkraftmaschine 1 umfasst weiterhin eine Kraftstoffversorgung 15, die dem Verbrennungsmotor 5 über eine Kraftstoffzufuhr 10 mit Kraftstoff versorgt. Die Kraftstoffversorgung 15 umfasst eine mechanisch oder elektrisch angetriebene Förderpumpe 30, die Kraftstoff aus einem Kraftstofftank 40

in die Kraftstoffzufuhr 10 in Richtung zum Verbrennungsmotor 5 pumpt. Der Förderpumpe 30 kann ein beispielsweise mechanischer Druckregler mit einem Druckventil parallelgeschaltet sein. Ferner kann ein Kraftstofffilter am Ausgang des Kraftstofftanks 40 angeordnet sein. Dies ist in Figur 1 aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Aus dem Kraftstofftank 40 wird der Kraftstoff zunächst in eine Niederdruckleitung 65 gepumpt. Die Förderpumpe 30 erzeugt dabei beispielsweise einen Vordruck von etwa 3,5 bar. Der in der Niederdruckleitung 65 einzustellende Druck kann beispielsweise von dem parallelgeschalteten Druckregler mit dem Druckventil realisiert werden. Damit wird eine beispielsweise vom Verbrennungsmotor 5 angetriebene Hochdruckpumpe 35 gespeist. Die Hochdruckpumpe 35 hat die Aufgabe, den Kraftstoffdruck vom Vordruck von beispielsweise etwa 3,5 bar auf bis zu beispielsweise etwa 120 bar zu erhöhen. Die Hochdruckpumpe 35 fördert den Kraftstoff in eine Hochdruckleitung 70 in Richtung zum Verbrennungsmotor 5. In der Hochdruckleitung 70 ist ein Druckregelventil 45 angeordnet, das von einer Motorsteuerung 80 angesteuert wird und je nach einzustellendem Sollwert für den Druck in der Hochdruckleitung 70 eingestellt wird. Ein unerwünschter Überdruck wird über eine Rückführungsleitung 85 abgebaut, indem der entsprechend überschüssige Kraftstoff über die Rückführungsleitung 85 in den Kraftstofftank 40 zurückgeführt wird. In die Hochdruckpumpe 35 kann ferner eine Zumesseinheit oder sonstige Vorrichtung zur Einstellung der Fördermenge integriert sein, welche ebenfalls die Druckregelung übernehmen kann. Das Druckregelventil wird in diesem Falle gesteuert oder ggf. zusätzlich geregelt. Es kann auch eine Variante ohne Druckregelventil zum Einsatz kommen. In diesem Beispiel soll jedoch von der Verwendung des Druckregelventils 45 ausgegangen werden. Dem Druckregelventil 45 in Strömungsrichtung des Kraftstoffes nachfolgend in der Hochdruckleitung 70 ist ein Drucksensor 50 angeordnet, der den Druck des Kraftstoffes in der Hochdruckleitung 70 detektiert und an die Motorsteuerung 80 weiterleitet. Die Strömungsrichtung des Kraftstoffes ist in Figur 1 durch Pfeile in den einzelnen Leitungen 65, 70, 85 gekennzeichnet. Dem Drucksensor 50 in Strömungsrichtung des Kraftstoffes nachfolgend ist eine Zumesvorrichtung 55 angeordnet, die beispielsweise ein oder mehrere Einspritzventile umfasst, mit denen die in einen Brennraum des Verbrennungsmotors 5 einzuspritzende Kraftstoffmenge in dem Fachmann bekannter Weise eingestellt werden kann. Dazu ist die Zumesvorrichtung 55 ebenfalls von der Motorsteuerung 80 zur Erzielung einer vorgegebenen einzuspritzenden Kraftstoffmenge angesteuert. Die Einspritzung von Kraftstoff kann dabei direkt in einen oder mehrere Zylinder des Verbrennungsmotors 5 oder in ein Saugrohr erfolgen, über das der Kraftstoff zusammen mit der Luft dem Verbrennungsmotor 5 zugeführt wird. In Figur 1 ist symbolisch eine Einspritzleitung 75 dargestellt, über die der Kraftstoff von der Zumesvorrichtung 55 dem Verbrennungsmotor 5 zuge-

führt wird. Ferner ist eine Signalisiervorrichtung 60 mit einer Warnlampe 90 dargestellt, die von der Motorsteuerung 80 angesteuert wird. Die Kraftstoffversorgung 15 umfasst wie beschrieben die Förderpumpe 30, den Kraftstofftank 40, die Niederdruckleitung 65 und die Hochdruckpumpe 35. Ein Niederdruckkreis 25 umfasst den Kraftstofftank 40, die Förderpumpe 30 und die Niederdruckleitung 65 sowie die nicht dargestellten parallelgeschalteten Druckregler. Der Druckabbau eines unerwünschten Überdruckes in der Niederdruckleitung 65 kann beispielsweise ebenfalls über die Rückführungsleitung 85 abgebaut werden, was in Figur 1 aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt ist. Im Niederdruckkreis 25 wird somit der Druck des Kraftstoffes in der Niederdruckleitung 65 mit Hilfe des nicht dargestellten Druckventils geregelt. Ein Hochdruckkreis 20 umfasst die Hochdruckpumpe 35, die Hochdruckleitung 70, das Druckregelventil 45, den Drucksensor 50 und die Zumessvorrichtung 55. Im Hochdruckkreis 20 wird mittels des Druckregelventils 45 oder der in der Hochdruckpumpe 35 verbauten Zumesseinheit der Druck des Kraftstoffes in der Hochdruckleitung 70 geregelt. Die Kraftstoffzufuhr 10 umfasst die Niederdruckleitung 65, die Hochdruckpumpe 35, die Hochdruckleitung 70, das Druckregelventil 45 und den Drucksensor 50.

Erfindungsgemäß ist es nun vorgesehen, dass die Motorsteuerung 80 anhand des Drucksensors 50 den Istwert des Druckes des Kraftstoffes in der Hochdruckleitung 70 ermittelt und mit einem vorgegebenen Sollwert, beispielsweise 120 bar, vergleicht. Im Falle einer von der Motorsteuerung 80 erkannten positiven Regelabweichung, bei der der Sollwert größer als der Istwert ist und innerhalb einer vorgegebenen Zeit vom Istwert durch entsprechende Ansteuerung des Druckregelventils 45 nicht erreicht wird, stellt die Motorsteuerung 80 einen Fehler fest. Die vorgegebenen Zeit ist dabei beispielsweise derart geeignet gewählt, um einerseits kurzfristige Schwankungen des Istwertes zu tolerieren und andererseits frühzeitig den Fehler zu detektieren. Ein geeigneter Wert für die vorgegebene Zeit kann beispielsweise eine Sekunde betragen. Dabei kann die Motorsteuerung 80 durch Aktivierung der Signalisiervorrichtung 60, in diesem Beispiel durch Aktivierung der Warnlampe 90 den Fehler anzeigen. Die Signalisiervorrichtung 60 kann zusätzlich oder alternativ auch eine akustische Warnvorrichtung umfassen, die bei detektiertem Fehler von der Motorsteuerung 80 aktiviert wird. Unmittelbar nach Erkennen des Fehlers oder nach kurzer Verzögerungszeit von beispielsweise ebenfalls einer Sekunde veranlasst die Motorsteuerung 80 durch entsprechende Ansteuerung der Zumessvorrichtung 55 beziehungsweise des oder der Einspritzventile ein Abschalten der Einspritzung. Dazu wird das beziehungsweise werden die Einspritzventile gesperrt. Anschließend versucht die Motorsteuerung 80 durch entsprechende Ansteuerung des Druckregelventils 45 oder der Zumesseinheit in der

Hochdruckpumpe 35 einen maximal möglichen Sollwert für den Druck des Kraftstoffs in der Hochdruckleitung 70 einzuregeln. Dieser Sollwert kann beispielsweise 120 bar betragen. Falls der maximal mögliche Sollwert nicht eingeregelt werden kann, beispielsweise ebenfalls innerhalb der vorgegebenen Zeit von beispielsweise einer Sekunde, so veranlasst die Motorsteuerung 80 durch entsprechende Ansteuerung des Druckregelventils 45 die Einregelung des Druckes des Kraftstoffes in der Hochdruckleitung 70 auf den höchsten erreichbaren Sollwert, in diesem Beispiel unterhalb von 120 bar. Wird dieser Sollwert vom Istwert erreicht, dann wird anschließend der Hochdruckkreis 20 vom Niederdruckkreis 25 getrennt, indem das Druckregelventil 45 und die Zumesseinheit in der Hochdruckpumpe 35 von der Motorsteuerung 80 geschlossen und die Zumessvorrichtung 55 und damit die Kraftstoffeinspritzung komplett gesperrt werden, wobei die Zumessvorrichtung 55 schon zuvor gesperrt wurde. Anschließend wird die Druckabbaugeschwindigkeit anhand des Signals des Drucksensors 50 ermittelt. Dazu berechnet die Motorsteuerung 80 aus dem Signal des Drucksensors 50 die Druckänderung pro Zeit. Die Druckänderung pro Zeit ist die Druckabbaugeschwindigkeit, wenn sie negativ ist, d. h. wenn die Druckänderung negativ ist. Die ermittelte Druckabbaugeschwindigkeit wird von der Motorsteuerung 80 mit einem vorgegebenen Schwellwert verglichen. Liegt die Druckabbaugeschwindigkeit betragsmäßig oberhalb des vorgegebenen Schwellwerts, so muss von einem Leck im Hochdruckkreis 20, speziell in der Hochdruckleitung 70, ausgegangen werden. Der vorgegebene Schwellwert kann dabei so gewählt werden, dass ein natürlicher Druckverlust auf Grund tolerierbarer Undichtigkeiten, wie sie sich beispielsweise auf Grund des Materials der Hochdruckleitung 70 und der Montage des Druckregelventils 45 sowie des Drucksensors 50 und des Zusammenschlusses mit der Hochdruckpumpe 35 und der Zumessvorrichtung 55 (z.B. Ventile mit ständiger Leckage in den Rücklauf) ergeben, zu einer Druckabbaugeschwindigkeit führt, die betragsmäßig unterhalb des vorgegebenen Schwellwertes liegt und dass nur im Falle eines wirklichen Lecks in der Hochdruckleitung 70 die Druckabbaugeschwindigkeit betragsmäßig den vorgegebenen Schwellwert überschreitet. Der vorgegebene Schwellwert kann dabei durch Versuchsreihen auf einem Prüfstand entsprechend ermittelt werden. Wird also als Fehlerart ein Fehler im Hochdruckkreis 20, insbesondere aufgrund eines Lecks in der Hochdruckleitung 70, detektiert, so kann die Motorsteuerung 80 als Fehlermaßnahme die Brennkraftmaschine 1 abstellen, beispielsweise durch Sperren der Luftzufuhr und/oder der Zündung - letzteres im Falle eines Ottomotors. Zusätzlich kann die Motorsteuerung 80 einen erneuten Start der Brennkraftmaschine 1 verriegeln und zwar ebenfalls beispielsweise durch Sperren der Luftzufuhr und/oder der Zündung. Liegt die Druckabbaugeschwindigkeit betragsmäßig unterhalb des vorgegebenen Schwellwerts, so wird als Fehlerart ein Problem in der Kraftstoffversorgung 15 erkannt, wobei

der Hochdruckkreis 20 dicht ist und keine Gefahr durch austretenden Kraftstoff zu erwarten ist. Der Fehler liegt in diesem Fall beispielsweise darin begründet, dass die Förderpumpe 30 oder die Hochdruckpumpe 35 nicht mit voller Leistung betrieben werden können. Die Brennkraftmaschine 1 kann dann zumindest mit verminderter Leistung weiterbetrieben werden.

5 Die beschriebene Ermittlung der Fehlerart kann innerhalb kurzer Zeit, beispielsweise innerhalb von wenigen Sekunden erfolgen, sodass die Brennkraftmaschine 1 beziehungsweise ein von ihr beispielsweise angetriebenes Fahrzeug während dieser Ermittlung nicht wesentlich langsamer wird. Eine Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vor allem dann sinnvoll, wenn
10 sich die Brennkraftmaschine 1 in einem Betriebsbereich mit mittlerer oder hoher Last befindet. Tritt bei kleiner Last oder bei Leerlauf die beschriebene positive Regelabweichung für mindestens die vorgegebene Zeit auf, so ist ein weiterer Betrieb der Brennkraftmaschine 1 in der Regel nicht mehr sinnvoll möglich und wird daher unabhängig von der Fehlerart von der Motorsteuerung 80 beispielsweise in der beschriebenen Art beendet. Die Last kann dabei von der Mo-
15 torsteuerung 80 in dem Fachmann bekannter und in Figur 1 nicht dargestellter Weise abhängig von einem dem Verbrennungsmotor 5 zugeführten Luftmassenstrom, von einer Fahrpedalstellung im Falle eines Fahrzeugs, von einer Stellung eines Stellelements, beispielsweise einer Drosselklappe, zur Beeinflussung der Luftzufuhr, von der Kraftstoffeinspritzmenge oder dergleichen ermittelt werden. Ein entsprechendes Lastsignal wird dann mit einem vorgegebenen
20 Lastschwellwert verglichen, um eine kleine Last oder den Leerlauf von einem mittleren oder höheren Last zu unterscheiden. Der vorgegebene Lastschwellwert kann dabei auf einem Prüfstand derart geeignet gewählt werden, dass Lastwerte unterhalb des vorgegebenen Lastschwellwerts im Falle einer positiven Regelabweichung für mindestens die vorgegebene Zeit nicht mehr zu einem sinnvollen Betrieb der Brennkraftmaschine 1 führen, die Brennkraftmaschine 1
25 jedoch mit Lastwerten oberhalb des vorgegebenen Lastschwellwerts auch im Falle einer positiven Regelabweichung für mindestens die vorgegebene Zeit problemlos betrieben werden kann.

Im folgenden wird das erfindungsgemäße Verfahren beispielhaft anhand eines Ablaufplans gemäß Figur 2 erläutert. Nach dem Start des Programms ermittelt die Motorsteuerung 80 bei ei-
30 nem Programmpunkt 100 die Regelabweichung zwischen dem Sollwert und dem Istwert des Druckes des Kraftstoffs in der Hochdruckleitung 70. Weiterhin wird eine Zeitvariable auf Null gesetzt. Anschließend wird zu einem Programmpunkt 105 verzweigt.

Bei Programmpunkt 105 prüft die Motorsteuerung 80, ob eine positive Regelabweichung vor-

liegt, d. h. der Sollwert größer als der Istwert ist. Ist dies der Fall, so wird zu einem Programmpunkt 110 verzweigt, andernfalls wird zu Programmpunkt 100 zurück verzweigt.

Bei Programmpunkt 110 wird die Zeitvariable in der Motorsteuerung 80 um einen vorgegebenen Inkrementwert erhöht, beispielsweise um 10 ms. Anschließend wird zu einem Programmpunkt 115 verzweigt.

Bei Programmpunkt 115 prüft die Motorsteuerung 80, ob die Zeitvariable die vorgegebene Zeit erreicht oder überschritten hat. Ist dies der Fall, so wird zu einem Programmpunkt 150 verzweigt, andernfalls wird zu Programmpunkt 105 zurück verzweigt.

Bei Programmpunkt 150 prüft die Motorsteuerung 80, ob die ermittelte Last unterhalb des vorgegebenen Lastschwellwertes liegt. Ist dies der Fall, so wird zu einem Programmpunkt 140 verzweigt, andernfalls wird zu einem Programmpunkt 120 verzweigt.

Bei Programmpunkt 120 veranlasst die Motorsteuerung 80 eine Aktivierung der Warnlampe 90 der Signalisiervorrichtung 60 und zeigt somit einen erkannten Fehler an. Weiterhin veranlasst die Motorsteuerung 80 das Sperren der Zumessvorrichtung 55 und damit der Einspritzung von Kraftstoff. Anschließend wird zu einem Programmpunkt 125 verzweigt.

Bei Programmpunkt 125 veranlasst die Motorsteuerung 80 mittels Auswertung des vom Drucksensor 50 gelieferten Signals und Ansteuerung des Druckregelventils 45 das Einregeln des Istwertes des Druckes des Kraftstoffs in der Hochdruckleitung 70 auf den maximal möglichen beziehungsweise den höchsten erreichbaren Sollwert. Anschließend wird zu einem Programmpunkt 130 verzweigt.

Bei Programmpunkt 130 veranlasst die Motorsteuerung 80 ein Sperren des Druckregelventils 45 und damit das Trennen des Hochdruckkreises 20 vom Niederdruckkreis 25. Anschließend ermittelt die Motorsteuerung 80 anhand des Signals des Drucksensors 50 die Druckabbaugeschwindigkeit, d. h. den Druckverlust des Kraftstoffs pro Zeit in der Hochdruckleitung 70. Anschließend wird zu einem Programmpunkt 135 verzweigt.

Der Programmpunkt 135 prüft die Motorsteuerung 80, ob der Betrag der Druckabbaugeschwindigkeit oberhalb des vorgegebenen Schwellwertes liegt. Ist dies der Fall, so wird zu Programm-

punkt 140 verzweigt, andernfalls wird zu einem Programmpunkt 145 verzweigt.

Bei Programmpunkt 140 hat die Motorsteuerung 80 ein Leck in der Kraftstoffzufuhr 10 als Fehlerart detektiert und veranlasst als Reaktion auf diese Fehlerart das Abstellen der Brennkraftmaschine 1 beispielsweise durch Unterbrechen der Luftzufuhr und/oder der Zündung. Zusätzlich oder alternativ kann die Motorsteuerung 80 bei Programmpunkt 140 auch einen erneuten Start der Brennkraftmaschine 1 verriegeln. Anschließend wird das Programm verlassen.

Bei Programmpunkt 145 hat die Motorsteuerung 80 einen Fehler in der Kraftstoffversorgung 15 als Fehlerart detektiert und veranlasst als Reaktion auf diese Fehlerart ein Wiederöffnen der Zumessvorrichtung 55 und des Druckregelventils 45 und ermöglicht damit einen Weiterbetrieb der Brennkraftmaschine 1 mit zumindest verminderter Leistung, da der ursprünglich einzustellende Sollwert vom Istwert des Druckes des Kraftstoffs in der Hochdruckleitung 70 auf Grund der anhaltenden positiven Regelabweichung nicht erreicht wird. Dabei kann die Motorsteuerung 80 die Zumessvorrichtung 55 derart ansteuern, dass die Einspritzung des Kraftstoffs langsam in Richtung zur Umsetzung des Fahrerwunsches entsprechend der Betätigung eines Fahrpedals des Fahrzeugs erhöht wird. Zusätzlich kann eine Mengengrenzung des eingespritzten Kraftstoffs von der Motorsteuerung 80 aktiviert werden, um einen unnötigen Kraftstoffverbrauch und damit auch eine unnötige Verschlechterung des Abgases zu verhindern und einen Notlaufbetrieb zu realisieren. Anschließend wird das Programm verlassen.

Insbesondere bei Systemen mit leckagelosen Injektoren z. B. Piezo-Injektoren bei Diesel- oder bei Benzindirekteinspritzventilen in der Zumessvorrichtung 55 ist der Druckabbau in der Hochdruckleitung 70 bei getrenntem Hochdruckkreis 20 und Niederdruckkreis 25 vergleichsweise langsam, da es keine Leckage der Zumessvorrichtung 55 gibt. Eine zusätzliche Leckage in der Hochdruckleitung 70 führt dann zu einem wesentlich schnelleren Druckabbau und ist somit einfach mit Hilfe eines geeignet ermittelten vorgegebenen Schwellwertes für die Druckabbaugeschwindigkeit zu erkennen. Bei Systemen mit anderer Zumessvorrichtung 55 (z.B. Magnetventil-Injektoren bei Diesel) ist auf Grund der dort vorhandenen Injektoren-Leckage der Druckabbau in der Hochdruckleitung 70 bei getrenntem Hochdruckkreis 20 und Niederdruckkreis 25 weniger langsam im Vergleich zum Druckabbau bei einer zusätzlichen Leckage in der Hochdruckleitung 70. Deshalb lässt sich bei Systemen mit Magnetventil-Injektoren die zusätzliche Leckage in der Hochdruckleitung 70 weniger leicht von der schon vorhandenen Leckage der Injektoren unterscheiden, d. h. der vorgegebene Schwellwert für die Druckabbaugeschwindigkeit

keit muss in diesem Fall sorgfältiger ermittelt werden. Außerdem muss bei der Wahl dieses Schwellwertes berücksichtigt werden, dass die Leckage der Magnetventil-Injektoren über die Lebensdauer der Magnetventil-Injektoren erhöht wird und außerdem eine Streuung der Leckage verschiedener Magnetventil-Injektoren auftritt. Der Toleranzbereich für die Wahl des vorgegebenen Schwellwertes für die Druckabbaugeschwindigkeit fällt somit geringer aus als im Falle der Verwendung von Piezo-Injektoren.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren lassen sich insbesondere Undichtheiten im Hochdruckkreis 20 von anderen Fehlern unterscheiden. Diese Undichtheiten können beispielsweise von einem Leck in der Hochdruckleitung 70 oder einem Leck in einem oder mehreren Einspritzventilen der Zumesseinheit 55 herrühren. Undichtheiten aufgrund eines fehlerhaften Einspritzventils ergeben sich beispielsweise dadurch, dass das Einspritzventil aufgrund der Ablagerung von Schmutzpartikeln nicht mehr schließen kann. Insbesondere nach dem Abstellen der Brennkraftmaschine 1 wird selbst durch minimale Undichtheiten im Hochdruckkreis 20, insbesondere bei einem oder mehreren entsprechend verschmutzten Einspritzventilen, der Druck in der Kraftstoffzufuhr 10 reduziert. Wenn dabei ein Einspritzventil beispielsweise aufgrund von Schmutzpartikeln nicht mehr schließen kann, so strömt der Kraftstoff wegen des anstehenden Druckes in der Kraftstoffzufuhr 10 bzw. durch die Schwerkraft bedingt in den entsprechenden Zylinder der Brennkraftmaschine 1. Dies kann beim nächsten Anlassen der Brennkraftmaschine 1 zu Schäden am Verbrennungsmotor 5 führen. Dies kann durch das beschriebene Verriegeln eines erneuten Starts der Brennkraftmaschine 1 verhindert werden. Das erfindungsgemäße Verfahren kann zur Feststellung der Druckabbaugeschwindigkeit in der Kraftstoffzufuhr 10 gemäß dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel auch nach dem Abstellen der Brennkraftmaschine 1 bei geschlossenen Einspritzventilen durchgeführt werden. Die Zufuhr des Kraftstoffs zum Verbrennungsmotor 5 wird dabei blockiert, sofern die Einspritzventile vollständig dicht sind. Der dem Verbrennungsmotor 5 zugeführte Kraftstoff gelangt in diesem Fall nicht in den Brennraum.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann in der beschriebenen Weise auch im Rahmen eines sogenannten shed-Tests angewandt werden. Mit Hilfe eines solchen shed-Tests werden die Emissionen von Kraftstoffdämpfen durch den Kraftstofftank 40 und seine Komponenten gemessen. Eine Heißkraftstoffbetankungsanlage ermöglicht es dabei, das Verhalten der Kraftstoffzufuhr 10 während der Betankung durch verschiedene Kraftstoffarten und unter verschiedenen Simulationsbedingungen zu testen. Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann dann bei Anwendung während des shed-Tests in der beschriebenen Weise auf Undichtheiten im Hochdruckkreis 20

bzw. in der Kraftstoffzufuhr 10 und auf Fehler in der Kraftstoffversorgung 15 geschlossen werden.

5

Patentansprüche

10

15

20

25

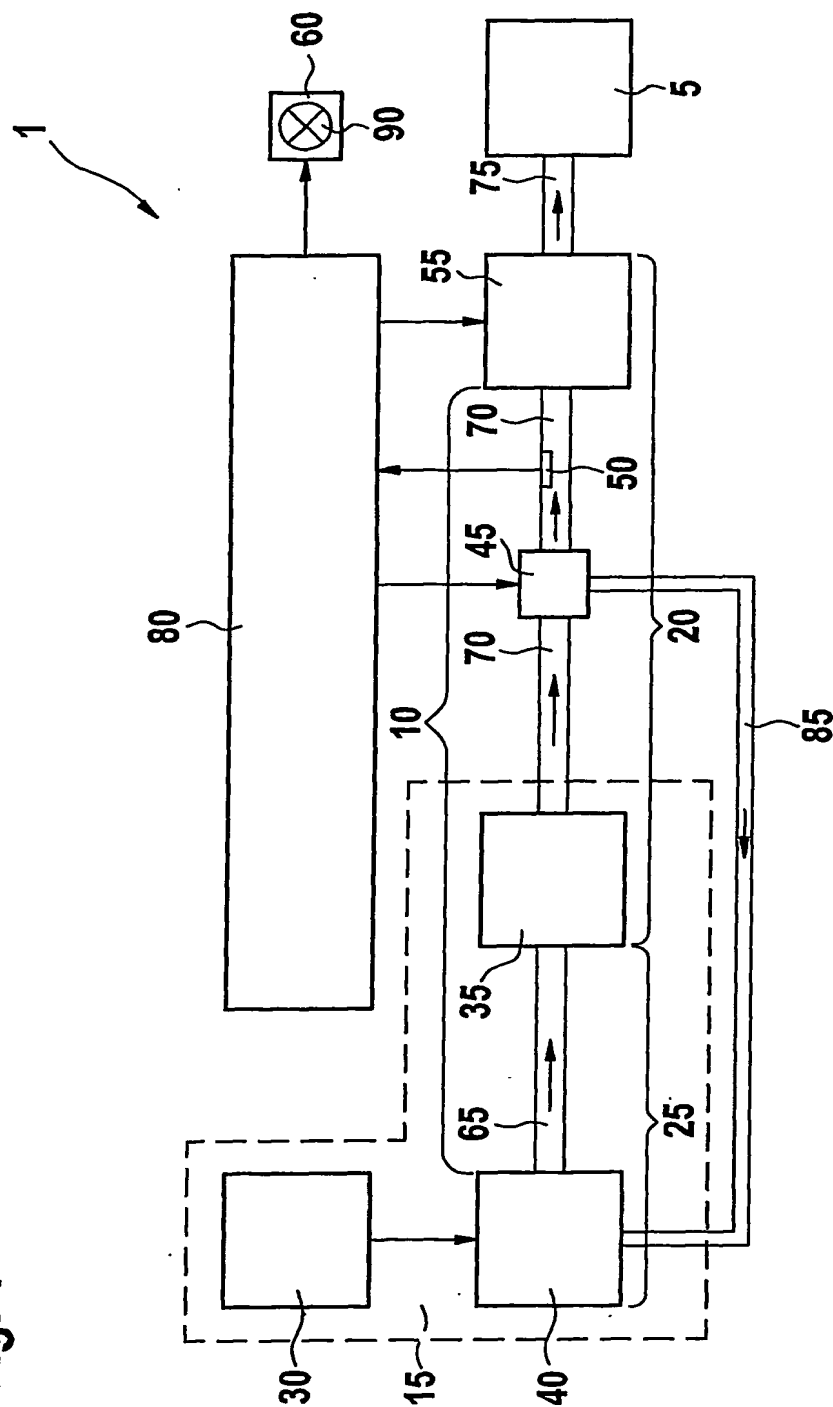
30

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1) mit einem kraftstoffgetriebenen Verbrennungsmotor (5), bei dem Kraftstoff unter Druck dem Verbrennungsmotor (5) über eine Kraftstoffzufuhr (10) zugeführt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Druckabbaugeschwindigkeit in der Kraftstoffzufuhr (10) ermittelt wird und dass in Abhängigkeit eines Vergleichs der Druckabbaugeschwindigkeit mit einem vorgegebenen Schwellwert auf einen Fehler geschlossen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck des Kraftstoffs auf einen Sollwert geregelt wird, dass für den Fall, in dem ein Istwert für den Druck den Sollwert während einer vorgegebenen Zeit nicht erreicht, ein Fehler erkannt und die Druckabbaugeschwindigkeit in der Kraftstoffzufuhr (10) ermittelt wird und dass in Abhängigkeit eines Vergleichs der Druckabbaugeschwindigkeit mit dem vorgegebenen Schwellwert die Art des Fehlers ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass in Abhängigkeit der Art des Fehlers eine Notlaufmaßnahme eingeleitet wird.
4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei betragsmäßigem Überschreiten des vorgegebenen Schwellwertes durch die Druckabbaugeschwindigkeit ein Leck in der Kraftstoffzufuhr (10) erkannt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass bei erkanntem Leck in der Kraftstoffzufuhr (10) die Brennkraftmaschine (1) abgestellt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass bei erkanntem Leck in der Kraftstoffzufuhr (10) ein erneuter Start der Brennkraftmaschine (1) verriegelt wird.
- 5 7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei betragsmäßigem Unterschreiten des vorgegebenen Schwellwertes durch die Druckabbaugeschwindigkeit ein Fehler in der Kraftstoffversorgung (15) erkannt wird.
- 10 8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass bei erkanntem Fehler in der Kraftstoffversorgung (15) eine Begrenzung der zugeführten Kraftstoffmenge aktiviert wird.
- 15 9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine (1) bei erkanntem Fehler unabhängig von der Art des Fehlers auch dann abgestellt wird, wenn die Brennkraftmaschine (1) im Leerlauf oder bei kleiner Last unterhalb einer vorgegebenen Lastschwelle betrieben wird.
- 20 10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für die Ermittlung der Druckabbaugeschwindigkeit ein Hochdruckkreis (20) von einem Niederdruckkreis (25) der Kraftstoffzufuhr (10) getrennt wird und die Druckabbaugeschwindigkeit im Hochdruckkreis (20) ermittelt wird.
- 25 11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei erkanntem Fehler eine Warnmeldung signalisiert wird.

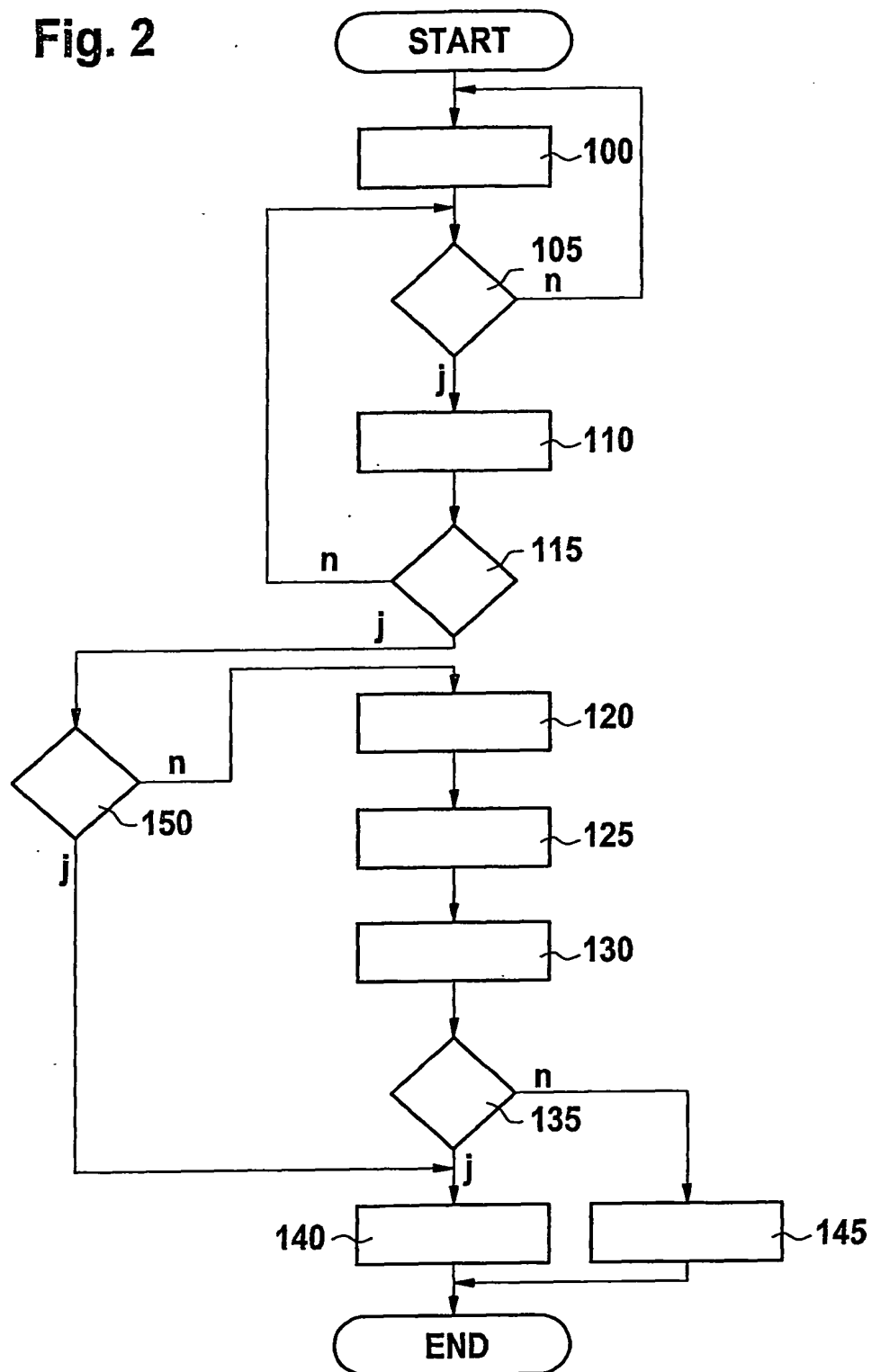
1 / 2

Fig. 1



2 / 2

Fig. 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2004/001160

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F02D41/22 F02D41/38

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 708 202 A (AUGUSTIN ULRICH ET AL) 13 January 1998 (1998-01-13)	1,4,11
Y	abstract; figures 2,3 column 1, line 35 - column 2, line 20 column 2, lines 51-57	2,3,5-10
X	DE 197 27 794 C (SIEMENS AG) 28 January 1999 (1999-01-28) abstract; figure 3	1,4
X	JP 06 213051 A (NIPPONDENSO CO LTD) 2 August 1994 (1994-08-02) abstract	1,4
X	JP 10 089135 A (TOYOTA MOTOR CORP) 7 April 1998 (1998-04-07) abstract	1,4
-/--		

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 October 2004

Date of mailing of the international search report

18/10/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Nicolás, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE2004/001160

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 100 61 855 A (BOSCH GMBH ROBERT) 29 August 2002 (2002-08-29)	1
Y	abstract paragraphs '0008! - '0022! -----	6,10
Y	DE 101 36 706 A (DENSO CORP KARIYA) 7 February 2002 (2002-02-07) abstract paragraphs '0002!, '0005!, '0008!, '0010!, '0012!, '0013!, '0053!, '0062!, '0070! -----	2,3,7-9
Y	DE 196 22 757 A (BOSCH GMBH ROBERT) 15 May 1997 (1997-05-15)	5
A	abstract column 2, line 55 - column 5, line 7 -----	2,6,11
A	EP 0 899 442 A (NISSAN MOTOR) 3 March 1999 (1999-03-03) abstract paragraphs '0019! - '0027! -----	2,3,7-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE2004/001160

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5708202	A	13-01-1998	DE 19521791 A1 DE 59605704 D1 EP 0748930 A2	19-12-1996 14-09-2000 18-12-1996
DE 19727794	C	28-01-1999	DE 19727794 C1	28-01-1999
JP 6213051	A	02-08-1994	JP 3345933 B2	18-11-2002
JP 10089135	A	07-04-1998	JP 3339326 B2	28-10-2002
DE 10061855	A	29-08-2002	DE 10061855 A1 FR 2817915 A1 JP 2002201988 A	29-08-2002 14-06-2002 19-07-2002
DE 10136706	A	07-02-2002	JP 2002047983 A JP 2002047984 A DE 10136706 A1	15-02-2002 15-02-2002 07-02-2002
DE 19622757	A	15-05-1997	DE 19622757 A1 FR 2741113 A1 GB 2310458 A ,B JP 9170518 A	15-05-1997 16-05-1997 27-08-1997 30-06-1997
EP 0899442	A	03-03-1999	JP 11062688 A EP 0899442 A2 US 6032639 A	05-03-1999 03-03-1999 07-03-2000

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2004/001160

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 F02D41/22 F02D41/38

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 F02D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 708 202 A (AUGUSTIN ULRICH ET AL) 13. Januar 1998 (1998-01-13)	1, 4, 11
Y	Zusammenfassung; Abbildungen 2, 3 Spalte 1, Zeile 35 - Spalte 2, Zeile 20 Spalte 2, Zeilen 51-57	2, 3, 5-10
X	DE 197 27 794 C (SIEMENS AG) 28. Januar 1999 (1999-01-28) Zusammenfassung; Abbildung 3	1, 4
X	JP 06 213051 A (NIPPONDENSO CO LTD) 2. August 1994 (1994-08-02) Zusammenfassung	1, 4
X	JP 10 089135 A (TOYOTA MOTOR CORP) 7. April 1998 (1998-04-07) Zusammenfassung	1, 4
-/-		

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindertischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindertischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

8. Oktober 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

18/10/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Nicolás, C

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/001160

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 100 61 855 A (BOSCH GMBH ROBERT) 29. August 2002 (2002-08-29)	1
Y	Zusammenfassung Absätze '0008! - '0022! -----	6,10
Y	DE 101 36 706 A (DENSO CORP KARIYA) 7. Februar 2002 (2002-02-07) Zusammenfassung Absätze '0002!, '0005!, '0008!, '0010!, '0012!, '0013!, '0053!, '0062!, '0070! -----	2,3,7-9
Y	DE 196 22 757 A (BOSCH GMBH ROBERT) 15. Mai 1997 (1997-05-15)	5
A	Zusammenfassung Spalte 2, Zeile 55 - Spalte 5, Zeile 7 -----	2,6,11
A	EP 0 899 442 A (NISSAN MOTOR) 3. März 1999 (1999-03-03) Zusammenfassung Absätze '0019! - '0027! -----	2,3,7-9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/001160

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5708202	A	13-01-1998	DE 19521791 A1	19-12-1996
			DE 59605704 D1	14-09-2000
			EP 0748930 A2	18-12-1996
DE 19727794	C	28-01-1999	DE 19727794 C1	28-01-1999
JP 6213051	A	02-08-1994	JP 3345933 B2	18-11-2002
JP 10089135	A	07-04-1998	JP 3339326 B2	28-10-2002
DE 10061855	A	29-08-2002	DE 10061855 A1	29-08-2002
			FR 2817915 A1	14-06-2002
			JP 2002201988 A	19-07-2002
DE 10136706	A	07-02-2002	JP 2002047983 A	15-02-2002
			JP 2002047984 A	15-02-2002
			DE 10136706 A1	07-02-2002
DE 19622757	A	15-05-1997	DE 19622757 A1	15-05-1997
			FR 2741113 A1	16-05-1997
			GB 2310458 A ,B	27-08-1997
			JP 9170518 A	30-06-1997
EP 0899442	A	03-03-1999	JP 11062688 A	05-03-1999
			EP 0899442 A2	03-03-1999
			US 6032639 A	07-03-2000